

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-289332

(43)Date of publication of application : 27.10.1998

(51)Int.Cl.

G06T 17/20

G06F 17/00

H01L 21/00

(21)Application number : 09-098562

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 16.04.1997

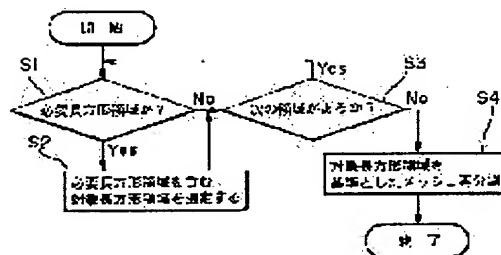
(72)Inventor : SHIMIZU SHUNKICHI

(54) MESH REDIVISION METHOD FOR SIMULATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform the mesh redivision in fine steps for simulation.

SOLUTION: In this mesh redivision method, a calculation area of simulation is divided into plural oblong areas and a necessary oblong area is redivided. Thus, an oblong area requiring the mesh redivision is selected among those divided oblong areas according to a prescribed condition (S1). If a divided area is coincident with a necessary oblong area according to the prescribed condition (S1, Yes), an object oblong area consisting of one or more oblong areas including the necessary one and having its oblong external shape is selected (S2). If not (S1, No), it's decided whether the next area exists (S3). If no next area exists (S3, No), the mesh redivision is performed based on the object oblong area (S4).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 10-289332

(43) 公開日 平成10年 (1998) 10月27日

(51) Int. Cl. 6

識別記号

F I

G 0 6 T 17/20

G 0 6 F 15/60 6 1 2 J

G 0 6 F 17/00

H 0 1 L 21/00

H 0 1 L 21/00

G 0 6 F 15/20 D

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-98562

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(22) 出願日 平成9年 (1997) 4月16日

(72) 発明者 清水 俊吉

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー
株式会社内

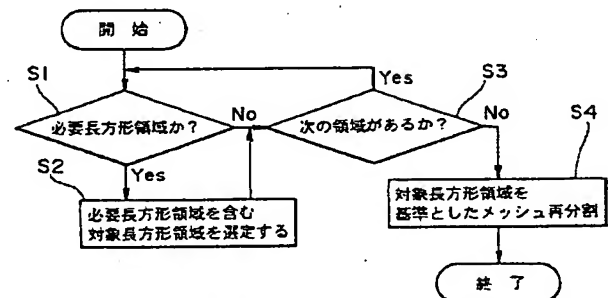
(74) 代理人 弁理士 船橋 國則

(54) 【発明の名称】 シミュレーションにおけるメッシュ再分割方法

(57) 【要約】

【課題】 シミュレーションにおけるメッシュ再分割を細かいステップで行うようにすること。

【解決手段】 本発明は、シミュレーションにおける計算領域を複数の長方形領域に分割し、必要な長方形領域に対して再度の分割を行うメッシュ再分割方法であり、この複数の長方形領域の中から所定の条件に応じてメッシュ再分割が必要となる必要長方形領域を選定する工程と (S1)、選定した必要長方形領域を含む2以上の長方形領域で構成し、その外形が長方形となる対象長方形領域を選定する工程と (S2)、対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行う工程と (S4) を備えている。



本実施形態を説明するフローチャート

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シミュレーションにおける計算領域を複数の長方形領域に分割し、必要な長方形領域に対して再度の分割を行うシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法において、

前記複数の長方形領域の中から所定の条件に応じてメッシュ再分割が必要となる必要長方形領域を選定する工程と、

選定した前記必要長方形領域を含む2以上の長方形領域で構成し、その外形が長方形となる対象長方形領域を選定する工程と、

前記対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行う工程とを備えていることを特徴とするシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法。

【請求項2】 前記対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行うにあたり、該メッシュ再分割した後の各領域の特定方向に沿った大きさが等比級数変化するように分割することを特徴とする請求項1記載のシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法。

【請求項3】 前記対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行うにあたり、該メッシュ再分割を行った後の各領域が長方形となるよう再分割を行い、その後、長方形となった該各領域の対角線による分割を行うことを特徴とする請求項1記載のシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法。

【請求項4】 前記対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行うにあたり、該メッシュ再分割を行った後に生成される領域の大きさを前記必要長方形領域の大きさより小さくすることを特徴とする請求項1記載のシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法。

【請求項5】 前記対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行うにあたり、該メッシュ再分割を行った後に生成される領域の大きさを前記必要長方形領域の大きさより大きくすることを特徴とする請求項1記載のシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、シミュレーションにおける計算領域を必要な大きさにメッシュ分割するシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の特性シミュレーションを行う場合や有限要素法（FEM）等の数値解析を行う場合、そのシミュレーションにおける計算領域を必要な大きさのメッシュに分割し、そのメッシュ分割された領域の集合体として計算を行うようにしている。

【0003】 このメッシュ分割はシミュレーション計算の精度および計算時間を左右するものであり、メッシュ分割を細かくすれば計算精度は増加するものの長い計算時間を必要とする。反対にメッシュ分割を粗くすれば計

算時間は短くなるものの計算精度の低下を招くことになる。

【0004】 したがって、メッシュ分割を行う場合には、予め一定の間隔でメッシュ分割を行っておき、分割によって構成された領域のうちで計算精度を要求する部分について更に細かく分割するメッシュ再分割を行い、計算精度を要求しない部分についてはメッシュ再分割を行わずに計算を行い、必要な部分における計算精度の確保と全体の計算時間の短縮化との両立を図っている。

【0005】 図6は従来のメッシュ再分割例を説明する図である。例えば、図6（a）に示すように、予めA1～A9に分割された領域のうち、領域A5についてメッシュ再分割を行う場合、この領域A5を縦横に沿って2分割し、図6（b）に示すような領域B1～B4を生成する。

【0006】 また、図6（b）に示す領域B1について再度メッシュ再分割を行う場合、この領域B1を縦横に沿って2分割し、図6（c）に示すような領域C1～C4を生成する。

【0007】 図6（d）は、原点Oを基準とした計算領域に対して横方向（x方向）および縦方向（y方向）に沿って図6（a）～図（c）に示すような方法でメッシュ再分割を行った場合のメッシュ分割結果を示している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような従来のシミュレーションにおけるメッシュ再分割では、予め一定の間隔でメッシュ分割した領域に対して再分割を行う際、一つの領域を半分に分割するステップを繰り返すことから、最終的に得られる領域の大きさが、最初の領域の大きさに対して1/2、1/4、1/8、1/16…という飛び飛びの値になってしまう。

【0009】 このように1回のメッシュ再分割で領域の大きさが1/2になることで、メッシュ再分割をした領域としていない領域とが隣接すると、その大きさの差が最低でも2倍開くことになり、計算の収束性に問題が生じる。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明はこのような課題を解決するために成されたシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法である。すなわち、本発明は、シミュレーションにおける計算領域を複数の長方形領域に分割し、必要な長方形領域に対して再度の分割を行うシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法であり、この複数の長方形領域の中から所定の条件に応じてメッシュ再分割が必要となる必要長方形領域を選定する工程と、選定した必要長方形領域を含む2以上の長方形領域で構成し、その外形が長方形となる対象長方形領域を選定する工程と、対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行う工程とを備えている。

10

20

30

40

50

【0011】本発明では、複数の長方形領域の中からメッシュ再分割の必要な必要長方形領域を選定した後、この必要長方形領域を含む2以上の長方形領域で外形が長方形となる対象長方形領域を選定しており、この対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行っていることから、このメッシュ再分割で得られる領域の大きさを必要長方形領域の大きさに対して半分（ $1/2$ ）以上の大きさに設定できるようになる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下に、本発明のシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法の実施の形態を図に基づいて説明する。図1は本実施形態を説明するフローチャート、図2～図5は再分割例を説明する図である。

【0013】本実施形態におけるメッシュ再分割方法は、シミュレーションにおける計算領域を複数の長方形領域に分割し、必要な長方形領域に対して再度の分割を行うものであり、メッシュ再分割で得られる領域の大きさを最初の領域の大きさに対して半分（ $1/2$ ）以上の大きさに設定できる点に特徴がある。

【0014】図1および図2に基づいて説明する実施形態では、再分割の必要な領域（以下、「必要長方形領域」と言う。）を含む4つの領域（外形が長方形となる領域）を選定し、これを再分割の対象領域（以下、「対象長方形領域」と言う。）として所定のメッシュ再分割を行うようにしている。

【0015】まず、図1のステップS1では、所定の領域が先に説明した必要長方形領域であるか否かの判断を行い、必要長方形領域であればステップS2において先に説明した対象長方形領域を選定する処理を行う。また、ステップS1で所定の領域が必要長方形領域でなかった場合にはステップS3へ進み、次の領域があるか否かの判断を行う。次の領域がある場合にはステップS1の処理を次の領域に対して行い、次の領域がない場合にはステップS4へ進み、対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行う。

【0016】ステップS1で行う必要長方形領域か否かの判断は、例えば図2（a）に示す各領域A1～A9において所定のシミュレーション計算を行い、その数値と所定の定数とを比較して必要長方形領域か否かの判断を行う。

【0017】また、ステップS2で行う対象長方形領域の選定では、例えば必要長方形領域と隣接する領域のうち、必要長方形領域でのシミュレーション計算値よりも大きいシミュレーション計算値となっているものを選択し、必要長方形領域を含む2以上（図2に示す例では4つ）領域で外形が長方形となる対象長方形領域を決定している。

【0018】そして、ステップS4では、選定された対象長方形領域を基準として所定のメッシュ再分割を行っている。このように必要長方形領域を含む2以上の長方

形領域で構成される対象長方形領域を基準としてメッシュ再分割を行うことで、メッシュ再分割して得られる領域の大きさを元の必要長方形領域の大きさに対して半分（ $1/2$ ）以上に設定できるようになる。つまり、元の必要長方形領域の大きさを例えば $2/3$ や $3/4$ 、 $3/5$ のような大きさに分割することができ、メッシュ再分割されなかった領域が隣接する場合でも、その大きさの差を $1/2$ ステップより小さくすることができるようになる。

【0019】次に、図2に基づいて具体的な再分割例（その1）を説明する。まず、図2（a）に示すように、シミュレーションにおける計算領域Sを一定の大きさで分割して領域A1～A9を生成する。

【0020】次いで、これらの領域A1～A9の中からメッシュ再分割の必要な領域を選定する処理を行う。選定を行うには、例えば各領域A1～A9においてシミュレーション計算を行い、その計算値が所定の定数を越えている場合に再分割が必要であると判断する。

【0021】図2（a）に示す例では、図中ドットで示す領域A5が再分割の必要な必要長方形領域となっている。次に、この領域A5を含む対象長方形領域を選定する。この選定では、例えば、領域A5におけるシミュレーション計算値と、その周辺の領域における各シミュレーション計算値との比較に基づいて対象長方形領域を決定している。

【0022】ここでは、領域A4のシミュレーション計算値 \leq 領域A5のシミュレーション計算値 \leq 領域A6のシミュレーション計算値かつ領域A2のシミュレーション計算値 \leq 領域A5のシミュレーション計算値 \leq 領域A8のシミュレーション計算値となっている場合、図2（a）中の太枠で示す領域A5、A6、A8、A9の4つを対象長方形領域としている。

【0023】次に、この対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行う。この場合、対象長方形領域を縦横に各々3分割して、図2（b）に示す領域B1～B9を生成する。このようなメッシュ再分割によって、再分割の必要な領域A5の大きさを $2/3$ とした領域B1が生成される。

【0024】次いで、更なるメッシュ再分割を行うため、図2（b）に示す領域B1～B9の中から再分割の必要な領域を選定する。この選定は先に説明したと同様に各領域B1～B9のシミュレーション計算値の比較に基づいて行う。この結果、例えば図中ドットで示す領域B1が再分割の必要な必要長方形領域となった場合、この領域B1を含む対象長方形領域を選定する。

【0025】この選定も先と同様なシミュレーション計算値の比較によって行い、図2（b）に示す例では、図中太枠に示すような領域B1、B2、B4、B5が対象長方形領域となっている。

【0026】次に、この対象長方形領域を基準としたメ

ッシュ再分割を行う。ここでは対象長方形領域を縦横に各々3分割して、図2(c)に示す領域C1~C9を生成する。これによって、再分割の必要な領域B1の大きさを $2/3$ とした領域C1が生成される。

【0027】このようなメッシュ再分割を繰り返して行うことにより、1回の再分割で大きさが $2/3$ 小さくなる領域を生成できるようになる。なお、図2に示す例では、対象長方形領域を縦横2つずつ合計4つの領域で構成し、これを縦横各々3分割することで、領域の大きさを $2/3$ にする例を説明したが、対象長方形領域を縦横3つずつ合計9つの領域で構成し、これを縦横各々4分割することで領域の大きさを $3/4$ にすることができ、同様に領域の構成数および分割数によって $4/5$ 、 $3/5$ など種々の大きさへの再分割を行うことが可能となる。

【0028】図3に示す再分割例(その2)では、対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行うにあたり、縦横各々の方向に沿って等比級数変化で分割を行うようにしている。

【0029】すなわち、図3(a)に示すように、図2で示す例と同様な方法によってメッシュ再分割の必要な領域A5(図3(a)中ドット参照)およびこれを含む対象長方形領域(図3(a)中太枠参照)A5、A6、A8、A9が選定されているとすると、この対象長方形領域を等比級数変化で3分割する。これによって、図3(b)に示す領域B1~B9が生成される。

【0030】次いで、更なるメッシュ再分割を行うため、図3(b)に示す領域B1~B9の中から再分割の必要な領域を選定する。この選定も先と同様に各領域B1~B9のシミュレーション計算値の比較に基づいて行う。この結果、例えば領域B1(図3(b)中ドット参照)が再分割の必要な領域となった場合、この領域B1を含む対象長方形領域を選定する。

【0031】この選定も先と同様なシミュレーション計算値の比較によって行い、図3(b)に示す例では、図中太枠に示すような領域B1、B2、B4、B5が対象長方形領域となっている。

【0032】そして、この対象長方形領域を等比級数変化で3分割する。これによって、図3(c)に示す領域C1~C9が生成される。このようなメッシュ再分割によって、再分割の対象となる対象長方形領域を等比級数変化で分割することができ、徐々に領域の大きさが小さくなる再分割を行うことができるようになる。

【0033】なお、図3に示す例では、対象長方形領域を縦横2つずつ合計4つの領域で構成し、これを縦横各々等比級数で3分割する例を示したが、さらに多くの領域で対象長方形領域を構成し、さらに多くの分割を行うようにしてもよい。

【0034】図4に示す再分割例(その3)では、再分割の必要な必要長方形領域を含む2以上の領域で構成す

る対象長方形領域を横方向または縦方向の一方のみで構成している。すなわち、図4(a)に示すように、図2で示す例と同様な方法によってメッシュ再分割の必要な領域がA5であった場合(図4(a)中ドット参照)、対象長方形領域を領域A5と例えば横方向の隣となる領域A6とにより構成している(図4(a)中太枠参照)。

【0035】次に、この対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行う。この場合、対象長方形領域を縦に3分割して、図4(b)に示す領域B1~B3を生成する。このようなメッシュ再分割によって、再分割の必要な領域A5の横方向の大きさを $2/3$ の大きさとなる領域B1が生成される。

【0036】次いで、更なるメッシュ再分割を行うため、図4(b)に示す領域B1~B3の中から再分割の必要な領域を選定する。この選定は先と同様に各領域B1~B3のシミュレーション計算値の比較に基づいて行う。この場合、例えば領域B1が再分割の必要な領域となった場合(図4(b)中ドット参照)、この領域B1を含む対象長方形領域を選定する。

【0037】この選定も先と同様なシミュレーション計算値の比較によって行い、図4(b)に示す例では、図中太枠に示すような横方向の並びとなる領域B1、B2で対象長方形領域を構成する。

【0038】次に、この対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行う。ここでは対象長方形領域を縦に3分割して、図4(c)に示す領域C1~C3を生成する。このようなメッシュ再分割によって、再分割の必要な領域B1の横方向の大きさを $2/3$ とした領域B1が生成される。

【0039】このようなメッシュ再分割を繰り返して行うことで、一方方向に対する領域の再分割を行うことができ、例えば、図4に示す例では、1回の再分割で大きさを横方向に $2/3$ にすることができるようになる。

【0040】なお、図4に示す例では、対象長方形領域を横方向に並ぶ2つの領域で構成し、これを縦に3分割する例を説明したが、対象長方形領域を縦方向に並ぶ領域で構成しても、また2つ以上の領域で構成して3分割以上で分割してもよい。

【0041】図5に示す再分割例(その4)では、長方形の辺と対角線とで形成される三角形メッシュにおいて対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行う点に特徴がある。

【0042】この場合、対角線を中心として隣接する2つの三角形で構成される長方形を1単位とすることにより、メッシュ再分割の対象を上記実施形態と同様に選定することができる。

【0043】すなわち、図5(a)に示すように、図2で示す例と同様な方法によってメッシュ再分割の必要な領域A5(図5(a)中ドット参照)およびこれを含む

対象長方形領域（図5（a）中太枠参照）A5、A6、A8、A9が選定されているとすると、この対象長方形領域を基準として縦横に各々3分割し、図5（b）に示す領域B1～B9を生成する。これにより、領域A5を構成する三角形メッシュを2/3の大きさの三角形メッシュにすることができる。

【0044】次いで、更なるメッシュ再分割を行うため、図5（b）に示す領域B1～B9の中から再分割の必要な領域を選定する。この選定は先に説明したと同様に各領域B1～B9のシミュレーション計算値の比較に基づいて行う。この結果、例えば領域B1が再分割の必要な領域となった場合（図5（b）中ドット参照）、この領域B1を含む対象長方形領域を選定する。

【0045】この選定も先と同様なシミュレーション計算値の比較によって行い、図5（b）に示す例では、図中太枠に示すような領域B1、B2、B4、B5が対象長方形領域となっている。

【0046】次に、この対象長方形領域を基準としたメッシュ再分割を行い、対象長方形領域を縦横に各々3分割して、図5（c）に示す領域C1～C9を生成する。これによって、再分割の必要な領域B1の大きさを2/3とした領域C1が生成される。また、この再分割により、領域B1を構成する三角形メッシュを2/3の大きさの三角形メッシュにすることができる。

【0047】なお、上記説明したいずれの再分割例でも、対象長方形領域を再分割した後の領域の大きさを、元の領域すなわち必要長方形領域の大きさよりも小さくする例を示したが、本発明はこれに限定されず、再分割した後の領域の大きさを必要長方形領域の大きさより大きくする場合であっても同様である。

【0048】例えば、対象長方形領域として必要長方形領域を含む縦横3つ合計9つの領域で構成し、この対象長方形領域を縦横各々2分割することにより、分割後の領域の大きさを必要長方形領域の大きさに対して3/2（1.5倍）の大きさに再分割することができるようになる。

【0049】このような再分割によって、計算精度を要求せず速い計算速度を要求する領域に対して元の領域の大きさよりも大きな領域への再分割を行うことができるようになる。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のシミュレーションにおけるメッシュ再分割方法によれば次のような効果がある。すなわち、シミュレーションにおける計算領域を複数の長方形領域に分割し、必要な長方形領域に関して再度の分割を行うにあたり、元の長方形領域の大きさに対して細かいステップで分割を行うことができるようになるとともに、分割の自由度を持たせることが可能となる。これにより、シミュレーション計算の収束性および精度を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態を説明するフローチャートである。

【図2】再分割例を説明する図（その1）である。

【図3】再分割例を説明する図（その2）である。

【図4】再分割例を説明する図（その3）である。

【図5】再分割例を説明する図（その4）である。

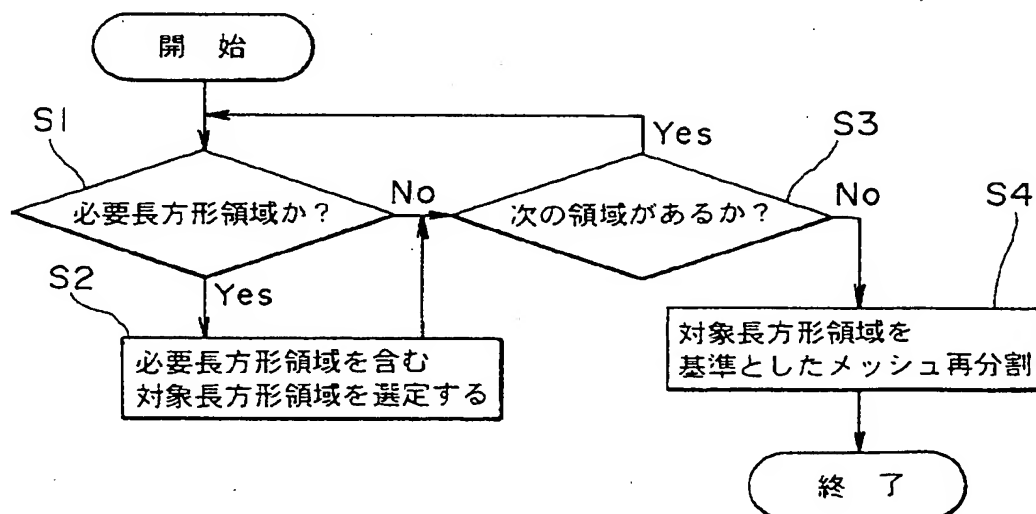
【図6】従来の再分割例を説明する図である。

【符号の説明】

S 計算領域 A1～A9、B1～B9、C1～C9

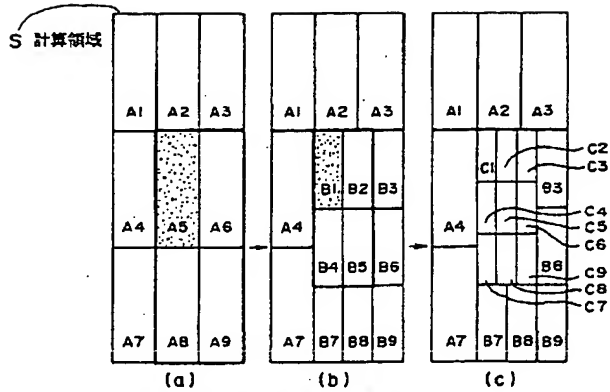
領域

【図1】



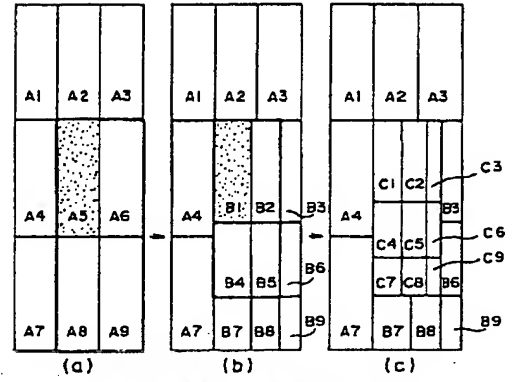
本実施形態を説明するフローチャート

【図2】



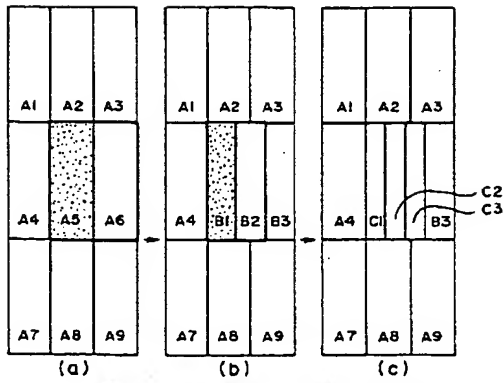
再分割例を説明する図（その1）

【図3】



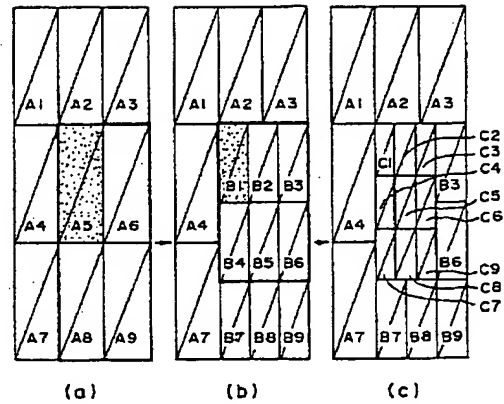
再分割例を説明する図（その2）

【図4】



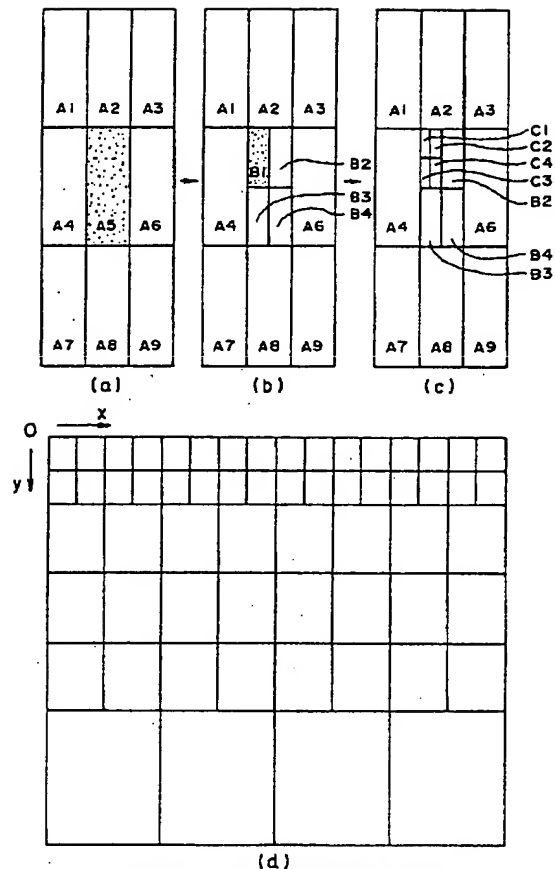
再分割例を説明する図（その3）

【図5】



再分割例を説明する図（その4）

【図6】

(d)
従来の再分割例を説明する図

Partial English Translation of Japanese Laid-Open Patent
Application No. H10-289332

[0012]

[EMBODIMENT] An embodiment of a mesh subdividing method in simulation of the present invention will be described below with reference to the accompanying drawings. FIG. 1 is a flow chart for explaining this embodiment, and FIGS. 2 to 5 are diagrams for explaining example of subdivision.

[0013] In the mesh subdividing method according to this embodiment, a calculation region in a simulation is divided into a plurality of rectangular regions, and a necessary rectangular region is subdivided. The mesh subdividing method is characterized in that a size of a region obtained by mesh subdivision can be set to be half ($1/2$) the size of the original region.

[0014] In the embodiment described on the basis of FIGS. 1 and 2, four regions (regions having rectangular outline) including a region (to be referred to as "necessary rectangular regions" hereinafter) which must be subdivided are selected. Predetermined mesh subdivision is performed by using the four regions as target regions (to be referred to as "target rectangular regions" hereinafter).

[0015] In step S1 in FIG. 1, it is decided whether a predetermined region is the necessary rectangular region described above or not. When the predetermined region is the necessary rectangular region, the process of selecting the

target rectangular region described above in step S2 is performed. When it is decided in step S1 that the predetermined region is not the necessary rectangular region, the control flow shifts step S3 to decide whether the next region exists or not. When the next region exists, the process in step S1 is performed to the next region. When the next region does not exist, the control flow shifts to step S4 to perform mesh subdivision with reference to a target rectangular region.

[0016] The process of deciding whether the predetermined region is a necessary rectangular region or not in step S1 is performed by the following manner. That is, a predetermined simulation calculation is performed in, e.g., regions A1 to A9 shown in FIG. 2(a), and a resultant value is compared with a predetermined constant to decide whether the predetermined region is the necessary rectangular region or not.

[0017] In the process of selecting the target rectangular region in step S2, of regions adjacent to, e.g., the necessary rectangular region, a region having a simulation calculation value which is larger than the simulation calculation value in the necessary rectangular region is selected. A target rectangular region having a rectangular outline is determined in two or more (four in the example shown in FIG. 2) regions including the necessary rectangular region.

[0018] In step S4, predetermined mesh subdivision is performed with reference to the selected target rectangular region. Mesh subdivision is performed with reference to the target rectangular region constituted by the two or more rectangular

regions including the necessary rectangular region, so that the size of a region obtained by the mesh subdivision can be set to be half ($1/2$) or more the size of the original necessary rectangular region. More specifically, the original necessary rectangular region can be divided into regions each having a size which is, e.g., $2/3$, $3/4$, or $3/5$ the size of the original necessary rectangular region. Even though a region which is not subjected to mesh subdivision is adjacent to the necessary rectangular region, the difference in size between these regions can be made smaller than $1/2$ step.